

DOCKET NO.: 264741US2PCT

**IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE**

IN RE APPLICATION OF: Akira AKASAKA, et al.

SERIAL NO.: NEW U.S. PCT APPLICATION

FILED: HEREWITH

INTERNATIONAL APPLICATION NO.: PCT/JP03/10052

INTERNATIONAL FILING DATE: August 7, 2003

FOR: LASER PROCESSING APPARATUS, PROCESSING METHOD AND METHOD FOR  
MANUFACTURING CIRCUIT BOARD USING SAME

**REQUEST FOR PRIORITY UNDER 35 U.S.C. 119**  
**AND THE INTERNATIONAL CONVENTION**

Commissioner for Patents  
Alexandria, Virginia 22313

Sir:

In the matter of the above-identified application for patent, notice is hereby given that  
the applicant claims as priority:

<u>COUNTRY</u>	<u>APPLICATION NO</u>	<u>DAY/MONTH/YEAR</u>
Japan	2002-232609	09 August 2002

Certified copies of the corresponding Convention application(s) were submitted to the  
International Bureau in PCT Application No. PCT/JP03/10052.

Respectfully submitted,  
OBLON, SPIVAK, McCLELLAND,  
MAIER & NEUSTADT, P.C.



Marvin J. Spivak  
Attorney of Record  
Registration No. 24,913  
Surinder Sachar  
Registration No. 34,423

Customer Number

**22850**

(703) 413-3000  
Fax No. (703) 413-2220  
(OSMMN 08/03)

10 / 523392

P JPC3/10052

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

03 FEB 2005

07.08.03

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

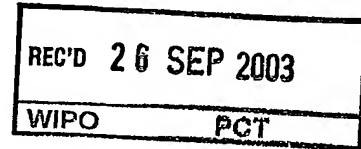
This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日  
Date of Application: 2002年 8月 9日

出 願 番 号  
Application Number: 特願2002-232609

[ST. 10/C]: [JP2002-232609]

出 願 人  
Applicant(s): TDK株式会社

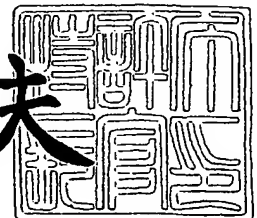


PRIORITY DOCUMENT  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)

2003年 9月11日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今井康夫



出証番号 出証特2003-3074535

【書類名】 特許願

【整理番号】 99P04167

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 B23K 26/00 330

【発明の名称】 レーザ加工装置、加工方法、および当該加工方法を用いた回路基板の製造方法

【請求項の数】 10

【発明者】

【住所又は居所】 東京都中央区日本橋一丁目 1 3 番 1 号 ティーディーケー株式会社内

【氏名】 赤坂 朗

【発明者】

【住所又は居所】 東京都中央区日本橋一丁目 1 3 番 1 号 ティーディーケー株式会社内

【氏名】 伊藤 敏文

【発明者】

【住所又は居所】 東京都中央区日本橋一丁目 1 3 番 1 号 ティーディーケー株式会社内

【氏名】 高橋 喜久夫

【特許出願人】

【識別番号】 000003067

【氏名又は名称】 ティーディーケー株式会社

【代理人】

【識別番号】 100064447

【弁理士】

【氏名又は名称】 岡部 正夫

## 【選任した代理人】

【識別番号】 100085176

【弁理士】

【氏名又は名称】 加藤 伸晃

## 【選任した代理人】

【識別番号】 100106703

【弁理士】

【氏名又は名称】 産形 和央

## 【選任した代理人】

【識別番号】 100096943

【弁理士】

【氏名又は名称】 臼井 伸一

## 【選任した代理人】

【識別番号】 100091889

【弁理士】

【氏名又は名称】 藤野 育男

## 【選任した代理人】

【識別番号】 100101498

【弁理士】

【氏名又は名称】 越智 隆夫

## 【選任した代理人】

【識別番号】 100096688

【弁理士】

【氏名又は名称】 本宮 照久

## 【選任した代理人】

【識別番号】 100102808

【弁理士】

【氏名又は名称】 高梨 憲通

## 【選任した代理人】

【識別番号】 100104352

【弁理士】

【氏名又は名称】 朝日 伸光

## 【選任した代理人】

【識別番号】 100107401

【弁理士】

【氏名又は名称】 高橋 誠一郎

## 【選任した代理人】

【識別番号】 100106183

【弁理士】

【氏名又は名称】 吉澤 弘司

## 【手数料の表示】

【予納台帳番号】 013284

【納付金額】 21,000円

## 【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 レーザ加工装置、加工方法、および当該加工方法を用いた回路基板の製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 被加工物に対してレーザ光を照射してその照射部分に加工を施すレーザ加工装置であって、

前記レーザ光を発するレーザ発振器と、

前記レーザ光を前記被加工物上の所定位置に照射させる照射位置制御用光学系と、

前記レーザ発振器により発せられたレーザ光を前記照射位置制御用光学系まで導く複数の光路系とを有し、

前記複数の光路系は、前記レーザ発振器より発せられたレーザ光の光軸と垂直な方向のエネルギー分布を変えことなく前記レーザ光を前記照射位置制御用光学系に導く第 1 の光路系と、前記レーザ発振器より発せられたレーザ光の光軸と垂直な方向のエネルギー分布を変化させて前記レーザ光を前記照射位置制御用光学系に導く第 2 の光路系とを少なくとも有することを特徴とするレーザ加工装置。

【請求項 2】 被加工物に対してレーザ光を照射してその照射部分に加工を施すレーザ加工装置であって、

前記レーザ光を発するレーザ発振器と、

前記レーザ光を前記被加工物上の所定位置に照射させる照射位置制御用光学系と、

前記レーザ発振器により発せられたレーザ光を前記照射位置制御用光学系まで導く複数の光路系とを有し、

前記複数の光路系は、前記レーザ発振器より発せられた前記レーザ光のエネルギー強度を減ずることなく前記照射位置制御用光学系まで導く第 1 の光路系と、前記レーザ発振器より発せられたレーザ光の一部が前記照射位置制御用光学系に達することを妨げてその光軸に垂直な方向のエネルギー分布を変化させる第 2 の光路系とを少なくとも有することを特徴とするレーザ加工装置。

【請求項 3】 前記レーザ光を導く際に用いられる光路系を切替える光路切替え手段を有することを特徴とする請求項 1 または 2 記載のレーザ加工装置。

【請求項 4】 前記光路系の切替えは前記レーザ光におけるパルス照射時のオフタイミングにおいて為されることを特徴とする請求項 1 または 2 記載のレーザ加工装置。

【請求項 5】 前記レーザ光のエネルギー分布を変化させる第 2 の光路系は、前記レーザ光の光軸と垂直な方向におけるエネルギー分布を略均一なものとするマスクを有することを特徴とする請求項 1 または 2 記載のレーザ加工装置。

【請求項 6】 前記レーザ光のエネルギー分布を変化させる第 2 の光路系は、前記レーザ光の光軸に垂直な方向におけるエネルギー分布を略均一なものとするホモジナイザを有することを特徴とする請求項 5 記載のレーザ加工装置。

【請求項 7】 被加工物に対してレーザ光を照射してその照射部分に加工を施すレーザ加工方法であって、

レーザ発振器から発せられたレーザ光を、前記レーザ光の光軸に垂直な方向のエネルギー分布を変えることなく、前記被加工物上の所定位置に照射することによって為される第 1 の加工工程と、

前記エネルギー分布が変えられていないレーザ光の照射を停止し、前記レーザ発振器から発せられたレーザ光に対して、前記レーザ光における光軸に垂直な方向のエネルギー分布を変化させたレーザ光を前記被加工物上の前記所定位置に導くレーザ光の切替え工程と、

前記エネルギー分布が変化されたレーザ光を照射することによって為される第 2 の加工工程とを有することを特徴とするレーザ加工方法。

【請求項 8】 前記レーザ光の切替え工程は、前記レーザ発振器から発せられるレーザ光におけるパルス照射時のオフタイミングにおいて為されることを特徴とする請求項 7 記載の加工方法。

【請求項 9】 前記被加工物上に導かれる前記エネルギー分布が変化されたレーザ光は、前記エネルギー分布上の強度の均一化が為されていることを特徴とする請求項 7 記載の方法。

【請求項 10】 セラミックグリーンシートに対して穴開け加工を施し、形

成された穴に対して電極材を埋め込む工程を有する回路基板製造方法であって、  
前記穴開け加工は、

レーザ発振器から発せられたレーザ光を、その光軸に垂直な方向のエネルギー分布を変えることなく、前記セラミックグリーンシート上の所定位置に照射することによって為される第1の穴開け工程と、

第1の穴開け工程終了後に前記エネルギー分布を変えないレーザ光の照射を停止し、前記レーザ発振器から発せられて、その光軸に垂直な方向のエネルギー分布が変化されたレーザ光を前記被加工物上の前記所定位置に導く、レーザ光の切替え工程と、

前記エネルギー分布が変化されたレーザ光を照射することによって為される第2の加工工程とを有することを特徴とする回路基板の製造方法。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【0001】

#### 【発明の属する技術分野】

本発明は、レーザ光を用いて被加工物に対して穴開け、切断等の加工を施す加工装置および加工方法に関するものであり、より詳細には、セラミックスからなるいわゆるセラミックグリーンシートに対して効率よく穴開け加工を施す穴開け装置および穴開け方法、さらには当該グリーンシートに加工を施して回路基板を製造する方法に関するものである。

##### 【0002】

#### 【従来技術】

一般的な樹脂基板に対して、セラミックスを素材とする回路基板は耐熱性および耐久性に優れているため、携帯情報端末機器等への用途が拡大している。同時に、高集積化を目的として、セラミック基板そのものに対しても回路としての機能を付加すると共に当該基板の積層化を図り多層基板として用いるケースも増加しつつある。グリーンシートは、焼成前のセラミック基板等の通称であるが、当該基板に対しては、一般的にはこのグリーンシートの段階で多層配線を形成するための穴開け加工等が施される。

##### 【0003】



これら穴開け加工等には、加工速度、加工穴形状を変えることあるいは真円度の高い加工穴を得ることの容易性、等の観点から、レーザ光を用いる事例が増えてきている。レーザ光を用いて種々の被加工物、特にセラミック・グリーンシート対して穴開け加工を行う装置の従来例に関して、以下図面を参照としてその概略について説明する。

#### 【0004】

当該装置は、加工用のレーザ光を発信するレーザ発振器101、ガイドレーザを発信するガイドレーザ発振装置102、ガイドレーザ光および加工用レーザ光を成形し且つ被加工物103上の所定位置に導く光学系120、被加工物103が載置されてこれをXY方向に移動させるXYステージ104、被加工物103上に達したガイドレーザ光等の形状あるいは加工穴形状等を画像として捉え、且つ被加工物の位置決めに用いられるカメラ105、およびこれら各構成要素を駆動する制御系110から構成されている。ガイドレーザとしては、例えば赤色光等が用いられ、予めこれを被加工物上に投影して、その投影位置、投影形状等から実際の加工用レーザを投影する位置あるいは投影する際の形状等の補正が行われる。

#### 【0005】

光学系120は、全反射ミラー121、123、126、ダイクロイックミラー122、マスク124、コリメータレンズ127、XYガルバノスキャナミラー128、およびf $\theta$ レンズ129から構成される。レーザ発振器101から発せられたレーザ光は、全反射ミラー127によってダイクロイックミラー122に向けてその向きを変え、ダイクロイックミラー122を裏面から透過し、さらに全反射ミラー123によってマスク124に向けて再度その向きを変える。ガイドレーザ発振器102から発せられたガイドレーザ光は、加工用のレーザ光と同一の光軸上を進行するように、ダイクロイックミラー122によってその向きを変えている。

#### 【0006】

加工用レーザ光およびガイドレーザ光は、マスク124を経る際にその開口部124aを通過することによって、その形状が例えば真円に近い形状等、加工穴

形状と対応するように成形される。一般的に、マスク透過（通過）後のレーザ光は、ある程度の拡角を有してしまうため、コリメータレンズ等によって平行光として再成形する必要がある。このため、成形後のレーザ光は、当該光をコリメータレンズ 128 に入射するように、全反射ミラー 126 によって再度その向きを変える。コリメータレンズ 127 を介することによって平行光とされたレーザ光は、XY ガルバノスキャナミラー 128 および  $f\theta$  レンズ 129 によって、被加工物 103 上の任意の加工位置に達するようにその照射位置が移動される。XY ガルバノスキャナミラーおよび  $f\theta$  レンズは、一体としてレーザ光の照射位置制御用光学系として作用する。

#### 【0007】

制御系 110 は、ガルバノスキャナ制御部 112、画像処理部 113、駆動系制御部 114、およびこれら各部を制御すると共に当該制御と同期してレーザ発振器等を制御する主制御部とから構成される。ガルバノスキャナ制御部 112 は、XY ガルバノスキャナミラー 128 と接続され、これらを制御することによってレーザ光の照射位置を制御している。画像処理部 113 は、カメラ 105 と接続されて当該カメラによって得られた画像から加工穴の状態、位置精度等を確認し、レーザ光のパルス数、強度に関連する情報を主制御部に対して出力している。駆動系処理部 114 は、XY ステージ 104 を駆動し、被加工物上の穴開け予定位置がガルバノスキャナミラーによるレーザ光の照射可能範囲にはいるように被加工物 103 の位置を変更している。当該装置は、被加工物 103 の表面に、マスク 124 の形状を任意の縮小率で投影する構成とすることで、加工穴断面におけるテーパが少なく且つ真円に近い穴形状を得ている。

#### 【0008】

##### 【発明が解決しようとする課題】

上述の従来装置においては、レーザ光の多くはマスク 124 によって遮断され、当該マスクの開口部 124a を通過した部分のみが実際の加工に寄与している。従って、レーザ光の使用効率はそれほど高くなく、レーザ発振器 101 としては、この遮断分を考慮した比較的大きな出力を有した発振器を用いることが求められる。このようなレーザ光の使用効率が加工効率に対して特に大きく影響する

場合として、レーザ光に対する吸収効率が比較的低い材料から表面層が構成されている場合が考えられる。このような場合、加工に要するレーザのパルス数が非常に多くなってしまい、結果として加工効率が大幅に低下してしまう。

#### 【0009】

本発明は、上記課題に鑑みて為されたものであり、レーザ光の使用効率を改善し、さらには表面が難加工性の材料からなる被加工物においても加工効率を高め、所望の加工形状が容易に得られるレーザ加工装置および加工方法を提供することを目的とするものである。また、本発明は、当該加工方法を用いた、セラミックグリーンシート上に穴開け加工等を施す回路基板の製造方法を提供することを目的とするものである。

#### 【0010】

##### 【課題を解決するための手段】

上記課題を解決するために、本発明に係るレーザ加工装置は、被加工物に対してレーザ光を照射してその照射部分に加工を施すレーザ加工装置であって、レーザ光を発するレーザ発振器と、レーザ光を被加工物上の所定位置に照射させる照射位置制御用光学系と、レーザ発振器により発せられたレーザ光を照射位置制御用光学系まで導く複数の光路系とを有し、複数の光路系は、レーザ発振器より発せられたレーザ光の光軸と垂直な方向のエネルギー分布を変えることなくレーザ光を照射位置制御用光学系に導く第1の光路系と、レーザ発振器より発せられたレーザ光の光軸と垂直な方向のエネルギー分布を変化させてレーザ光を照射位置制御用光学系に導く第2の光路系とを少なくとも有することを特徴としている。

#### 【0011】

また、上記課題を解決するために、本発明に係るレーザ加工装置は、被加工物に対してレーザ光を照射してその照射部分に加工を施すレーザ加工装置であって、レーザ光を発するレーザ発振器と、レーザ光を被加工物上の所定位置に照射させる照射位置制御用光学系と、レーザ発振器により発せられたレーザ光を照射位置制御用光学系まで導く複数の光路系とを有し、複数の光路系は、レーザ発振器より発せられたレーザ光のエネルギー強度を減ずることなく照射位置制御用光学系まで導く第1の光路系と、レーザ発振器より発せられたレーザ光の一部が照射

位置制御用光学系に達することを妨げてその光軸に垂直な方向のエネルギー分布を変化させる第2の光路系とを少なくとも有することを特徴としている。

#### 【0012】

なお、上述の装置は、レーザ光を導く際に用いられる光路系を切替える光路切替え手段を有し、光路系の切替えは前記レーザ光におけるパルス照射時のオフタイミングにおいて為されることとしても良い。さらに、上記装置において、レーザ光のエネルギー分布を変化させる第2の光路系は、レーザ光の光軸と垂直な方向におけるエネルギー分布を略均一なものとするマスク、ホモジナイザ、あるいはこれらの組み合わせを有することとしても良い。

#### 【0013】

また、上記課題を解決するために、本発明に係るレーザ加工方法は、被加工物に対してレーザ光を照射してその照射部分に加工を施すレーザ加工方法であって、レーザ発振器から発せられたレーザ光を、レーザ光の光軸に垂直な方向のエネルギー分布を変えことなく、被加工物上の所定位置に照射することによって為される第1の加工工程と、エネルギー分布が変えられていないレーザ光の照射を停止し、レーザ発振器から発せられたレーザ光に対して、レーザ光における光軸に垂直な方向のエネルギー分布を変化させたレーザ光を被加工物上の所定位置に導くレーザ光の切替え工程と、エネルギー分布が変化されたレーザ光を照射することによって為される第2の加工工程とを有することを特徴としている。

#### 【0014】

なお、上述の方法におけるレーザ光の切替え工程は、レーザ発振器から発せられるレーザ光におけるパルス照射時のオフタイミングにおいて為されることが好ましい。さらに、被加工物上に導かれる断面形状が変化されたレーザ光は、エネルギー分布上の強度の均一化が為されていることが好ましい。

#### 【0015】

また、上記課題を解決するために、本発明に係る製造方法は、セラミックグリーンシートに対して穴開け加工を施し、形成された穴に対して電極材を埋め込む工程を有する回路基板製造方法であって、穴開け加工は、レーザ発振器から発せられたレーザ光を、その光軸に垂直な方向のエネルギー分布を変えことなく

、セラミックグリーンシート上の所定位置に照射することによって為される第1の穴開け工程と、エネルギー分布を変えないレーザ光の照射を停止し、レーザ発振器から発せられ、その光軸に垂直な方向のエネルギー分布が変化されたレーザ光を被加工物上の所定位置に導くレーザ光の切替え工程と、エネルギー分布が変化されたレーザ光を照射することによって為される第2の加工工程とを有することとしている。

#### 【0016】

##### 【実施例】

本発明の実施例に係るレーザ加工装置について、以下図面を参照して詳述する。なお、本装置における光学系以外のレーザ発振器、ガイドレーザ発振器、XYステージ、制御部等は従来装置におけるこれら構成と特に異なる部分はないため、以下の説明においては主として光学系について述べることにする。図1に、本発明に係る加工装置における光学系の概略構成を示す。当該光学系は、全反射ミラー21、26、ダイクロイックミラー22、光路切替え用ミラー8、9、第1の光路系30および第2の光路系40から構成されている。

#### 【0017】

レーザ発振器1から発せられた加工用レーザ光は、全反射ミラー21によってダイクロイックミラー22に向けてその向きを変え、ダイクロイックミラー22を透過した後、光路切替え用ミラー8の位置に達する。ガイドレーザ発振器2から発せられたガイドレーザ光は、ダイクロイックミラー22によってその向きが換えられ、加工用レーザ光と光路が一致するようにされている。加工用レーザ光およびガイドレーザ光は、光路切替え用ミラー8によって、第1の光路系30および第2の光路系40のうち、何れの光路系を通過するかが選択される。

#### 【0018】

第1あるいは第2の光路系30、40の何れかを通過したレーザ光は、光路切替え用ミラー9によって全反射ミラー26に向けて反射され、さらに当該ミラーによって不図示のコリメータレンズに導かれる。コリメータレンズの後段には、従来装置と同様のXYガルバノスキャナミラー等が配置され、レーザ光はこれら光学要素により被加工物上の任意の位置に導かれる。すなわち、本発明に係るレ

ーザ加工装置は、図1には明示されていないが、XYガルバノスキャナミラー等からなる照射位置制御用光学系を有している。

#### 【0019】

第1の光路系30は、全反射ミラー31、32、およびビームエキスパンダ35から構成される。当該光路系においては、レーザ光は部分的な遮断等を何ら受けることなくエキスパンダ35に達し、当該エキスパンダにおいてレーザ光が所定の領域に対して照射可能となるようにその照射径が拡大され、光路切替え用ミラー9に導かれる。第1の光路系30を経たレーザ光は、その経路中においてレーザ光を部分的に遮断する構成を何ら配置していない。従って、レーザ発振器1から発せられた加工用レーザ光の大部分を、直接的に被加工物に対して照射することが可能となる。

#### 【0020】

すなわち、第1の光路系30を介して被加工物上導かれるレーザ光は、レーザ発振器1から発せられた状態からそのエネルギー強度を減ずることがなく、且つその光軸に垂直な方向におけるエネルギー分布（断面形状）を変えないことができる。従って、利用効率の高い加工を行うことができる。なお、被加工物表面に達するレーザ光のエネルギー密度をより高めたい場合には、上述のエキスパンダに変えて集光用のレンズ等を用いることとしても良い。この場合も、レーザ光の光軸に対して垂直な方向における総エネルギー量は変化せず、またエネルギー分布も基本的には相似状態を維持することとなる。

#### 【0021】

第2の光路系40は、ホモジナイザ45、スリット44、および全反射ミラー41、42から構成される。当該光路系においては、ホモジナイザ45によって、レーザ光におけるエネルギー分布がトップハット形状となるようにその出力波形の成形が為されている。図2にホモジナイザによるビーム成形の様子を概略的に示している。レーザ光の進行方向に対して垂直な方向に見たビーム波形（エネルギー分布）は図中E inで示される形状を有している。レーザー光は、ホモジナイザ45中の任意の曲面からなる2つの非球面レンズ45a、45bを通過することによって、E in中央部に対応するレーザー光は周辺部に分散され且つE in周辺

部に対応するレーザ光は中央部に集光される。その結果、ホモジナイザ45から出力されるレーザ光は、Eoutで示されるいわゆるトップハット型と呼ばれる、照射領域内でのエネルギー強度がほぼ均一となるビーム波形を有することとなる。すなわち、第2の光路系40を経たレーザ光は、その光軸方向に垂直な方向のエネルギー分布が、発振器から照射した直後の分布と比較して大きく変形されていることとなる。

#### 【0022】

ホモジナイザ45によってトップハット型にビーム成形が為されたレーザ光は、さらにその後段に配置されたマスク44を通過し、その際に開口部44aに応じたビーム形状に成形される。ビーム成形が為されたレーザ光は、全反射ミラー41および42によって光路切替え用ミラー9に導かれ、さらに当該ミラーを介した後は、第1の光路系30を経たレーザ光と同様に、全反射ミラー26を介して不図示のコリメータレンズに導かれる。以上述べたように、レーザ光がホモジナイザ45およびマスク44を経ることによって、例えば真円に近い丸穴を被加工物に形成しようとする場合、真円形状を有し且つ真円内におけるビーム強度が均一なレーザ光を得ることが可能となる。

#### 【0023】

次に、光路切替え用ミラー8および9について、図3を参照として詳述する。図3は、光路切替え用ミラー8を示すものであるが、基本的構成はミラー9と同一であるため、ここではミラー8についてのみ述べることとする。ミラー8はその後端部において1軸駆動のモータ、シリンダ等の不図示の駆動装置に連結されており、特定の軸A方向に駆動されて、レーザー光の光路内および光路外の二位置で停止可能となっている。当該ミラーにおけるレーザ光の反射面8aが光路外に存在する場合には、レーザ光はその方向を変えられることなく第1の光路系に導かれる。また、反射面8aが光路内に存在する場合には、レーザー光は当該反射面によってその進行方向を90度変えられ、第2の光路系に導かれる。

#### 【0024】

以上に述べた構成からなるレーザ加工装置を用いることによって、レーザ光の使用効率を改善し、さらには表面が難加工性の材料からなる被加工物においても

加工効率を高め、所望の加工形状を容易に得ることが可能となる。具体的に、難加工性の第一層および易加工性の第二層からなる被加工物に対して穴開け加工を行った場合について、従来に装置における加工の進行状態を図 4 A～E、また本発明に係る装置における加工の進行状態を図 5 A～E に示し、当該発明の効果について次に述べる。

#### 【 0 0 2 5 】

図 4 A～E および図 5 A～E は、PET 等からなるベースフィルム 6 0 上に易加工性の第二層 6 2 および難加工性の第一層 6 1 が積層されてなる被加工物に対して、ベースフィルム 6 0 を残して穴を開ける場合を示している。マスク等によって成形されたレーザ光を用いる場合、図 4 B～D に示すように、レーザ光の照射範囲において第一層 6 1 がその最表面から略均一な速度で穴が形成されていく。この場合、単位面積あたりに照射されるレーザ光のエネルギー密度は小さいため、穴の形成速度は小さく、従って照射されるべきレーザ光のパルス数も非常に大きな値となる。難加工層である第一層 6 1 を除去した後は、図 4 D および 4 E に示すように、加工容易な第 2 層 6 2 に対しての穴開け加工となり加工速度は大きくなり、照射パルス数も小さな値に押さえられる。

#### 【 0 0 2 6 】

本発明に係るレーザ加工装置を用いた場合、第一層 6 1 表面には、まず第 1 の光路系を経たレーザ光が照射される。この場合のレーザ光はそのエネルギーを何ら低減することなく、また例えばその中央のエネルギー密度が高いガウス分布を有した状態で、被加工物表面に導かれる。このため、図 5 B に示すように、レーザ光の照射領域の略中心部に急速に穴が形成される。しかしながら、ここで用いられるレーザ光は、形状、エネルギー分布等何ら成形処理が施されていないため、このレーザ光によって加工を進めた場合、所望の穴形状等を得ることは困難である。このため、第一層 6 1 の一部が完全に除去され、レーザ光の照射範囲に第二層 6 2 の一部が露出した段階で、用いるレーザ光を第 2 の光路系を経た成形および均一化が施されたレーザ光に切り替える（図 5 C）。この切替操作は光路切替え用ミラー 8 および 9 によって行われる。

#### 【 0 0 2 7 】



なお、レーザ光を切り替えた段階では、レーザ光の照射範囲にはまだ難加工性の第一層 61 がある程度残存している。このため、レーザ光切替後も、その照射範囲の外周近傍と中央近傍とで加工速度が異なり、図 5 C あるいは 5 D に示されるように、形成された穴には断面形状としてテーパが存在することとなる。しかし、レーザ光の照射パルス数等を適切なものとすることでベースフィルム 60 において穴開け加工を終端させ、引き続いてレーザ光の照射を行うことにより照射範囲の外周近傍を除去し、このテーパを取り除くことが可能である。

#### 【0028】

図 5 A ～ D に示す以上の工程を経ることによって、図 4 D に示す従来装置による場合と同等の、断面にテーパ部を有さない形状の穴を形成することが可能となる。同時に、本発明を実施することにより、第一層 61 表面にレーザ光を照射してからレーザ光が第 2 層に達するまでの時間を短縮することが可能となり、レーザ加工装置としての生産性を高めることが可能となる。また、例えば、第 2 の光路系を経たレーザ光をより精度の高い形状等に対応させることにより当該レーザ光を用いた際の加工速度が低下した場合であっても、第 1 の光路系を経たレーザ光によって加工速度を高めていることから、従来と同等以上の速度でより精度の高い例えば真円に近い開口を有する穴を形成することが可能となる。

#### 【0029】

ここで述べた複層構造としては、例えば、加工最表面に金属電極層が形成され、その下にフェライト系あるいはアルミナ系のセラミックなどが形成されている場合等が考えられる。また、レーザ光の吸収率が比較的低く、一般的にレーザ加工が難しいとされている、例えばアルミナ系セラミックス単層からなるシートに穴開け加工を施すような場合に対しても本発明は有効と考えられる。この場合も、前述の光路切替えの手順と同様の手順に従い、まず第 1 の光路系を経たレーザ光によってシート上に穴を形成し、続いて第 2 の光路系を経たレーザ光によってその穴形状を整えると良い。

#### 【0030】

なお、上述の例では、説明を容易なものとするために、レーザ光のエネルギー密度、照射時間、照射パルス数等の加工条件に関連するパラメータについて特に

述べていない。しかしながら、光路系の切替えと同時にこれらパラメータを制御することにより、任意の深さやテーパ形状を有した穴を形成することが可能となる。また、本発明は発振器から発せられるレーザのエネルギーあるいはパルスエネルギーが小さい場合に特に有効と考えられ、CO<sub>2</sub>レーザ、YAGレーザのみならず、UV領域の高調波レーザ等に特に有効と考えられる。

#### 【0031】

また、本実施例においては、光路切替えミラー8とマスク44との間に、ビーム成型素子としてのホモジナイザ25を配置しているが、照射範囲におけるエネルギー分布の変化幅が所望のレベルを満たすものであればこれを除いても良い。本実施例においては、当該素子を配置することによって、より良好なトップハット型のエネルギー分布を有するレーザ光を用いて加工を行うことが可能であることから、テーパが非常に少ない形状の穴を成形することが可能となる。このような形状の穴は、例えば、セラミック部分の厚さが30  $\mu\text{m}$ 以下の薄いシートに対する穴開け加工の場合、あるいは、形成された穴に対して電極材料等を充填する際に、その充填剤ペーストの粘度が50 Pa $\cdot$ s以下と小さな値である場合、等に適している。

#### 【0032】

また、ホモジナイザを構成する非球面レンズの曲率、屈折率等を変更することで、任意のビーム形成を行うことが可能である。従って、複数種類のホモジナイザを予め用意しておき、これらを用途に応じて光軸上に配置することで、加工穴の断面におけるテーパを制御することも可能である。このようなテーパ制御が為された穴は、例えば、グリーンシートの厚みに対して穴径（アスペクト比）が大きい場合、あるいは、形成された穴に対して電極材料等を充填する際に、その充填剤ペーストの粘度が200 Pa $\cdot$ s以上と大きな値である場合、等に適している。

#### 【0033】

また、上述の実施例においては、光路系の切替えに全反射ミラーを用いているが、この切替え方法として、レーザ照射パルスに応じ、このパルスと同期させた速度でミラーの移動を行うことが好ましい。具体的には、パルス照射におけるレ

ーザ光のオフ状態に応じ、このオフ状態の間、すなわちオフタイミング時に、光路中へのあるいは光路中からのミラーの移動が完了するような速度にてミラーを駆動することが好ましい。この場合、レーザ照射がオフ状態に変化した瞬間に同期させてミラー等を駆動させる、あるいはオン状態に切り替わる所定時間前に駆動を終了させる等、パルスと何らかの関係を保ってミラー等の駆動を行うことが装置構成上より好ましい。これにより連続的な光路系の切替えが可能となり加工効率を向上させることができる。

#### 【0034】

また、上述の実施例においては光軸の切替えに一軸移動するミラーを用いているが、本発明はこれに限定されない。例えば、ミラーのある面と無い面とが交互に配置された円板状のいわゆるチョッパーを光軸上に配置し、これを回転させることで光路系の切替えを行うこととしても良い。あるいは、全反射ミラーに変えて、光量の50%を透過するハーフミラーを配置すると共に各光路系におけるこの後段にシャッタ等を配置し、これらシャッタ等の開閉によって光路系の切替を行うこととしても良い。シャッタ等の開閉の速度は、ミラーを直接駆動する速度より高速化することが容易であり、より高速な光路系の切替えが実施できる。さらにこの場合、ハーフミラーの反射と透過との比率を任意に切替えることによって、被加工物の特性により適した条件にて穴開け等の加工を行うことが可能となる。

#### 【0035】

また、上述の実施例においては、光路系として2つの光路系を示しているが、本発明はこれに限定されず、さらなる光路系を加えることも可能である。この場合、例えば第1の光路系に準じ且つエキスパンダを除くことでレーザ光照射領域の中央部のエネルギー強度がより高いレーザ光が得られる光路系を加えても良く、あるいは、第2の光路系に準じ且つホモジナイザによってレーザ光照射領域の外周近傍のエネルギー強度を高めたレーザ光が得られる光路系を加えることとしても良い。あるいは、異なるビーム形状に対応した複数の光路系を配置し、被加工物の特性、求められる加工形状等に応じてこれら複数の光路系から任意の光路を選択する構成としても良い。

## 【0036】

また、上述の実施例においては、第1の光路系を用いての穴開け加工終了後に第2の光路系による加工を行う工程を示している。しかしながら、本発明はこれに限定されず、例えば第1の光路系および第2の光路系各々を用いた穴開け加工を所定のレーザパルス数ずつ繰り返して行うこととしても良い。さらには、加工の進行状況あるいは穴形状の精度等に応じて各光路系を用いる時間の配分を随時変更する構成としても良い。

## 【0037】

また、上述の実施例は、セラミックグリーンシート等に対する穴開け加工、および当該加工を用いた回路基板の製造方法を主たる対象として述べているが、本発明による加工はこれらに限定されない。穴開け加工の対象としては、金属、樹脂等種々の材料かなるもの、あるいはこれらが複数層積層されてなるものであっても良い。また、本発明は穴開け加工における実施のみならず、切断加工、パターンの修正加工等、比較的強度の高いレーザ光と、成形されたレーザ光とを使い分けることで加工速度あるいは加工精度の向上が図れる種々の加工においても実施することが可能である。

## 【0038】

## 【発明の効果】

本発明の実施により、レーザ光をより効率よく用いてセラミックグリーンシート等に穴開け等の加工を行うことが可能となり、さらには、ビーム形状の異なるレーザ光を任意に用いることで、表面が難加工性の材料からなる被加工物においても加工効率を高め、所望の加工形状が容易に得られるようになる。

## 【図面の簡単な説明】

## 【図1】

本発明の実施例に係るレーザ加工装置の要部構成の概略を示す図である。

## 【図2】

図1に示す第2の光路系における要部構成の概略を示す図である。

## 【図3】

図1における光路系切替え用ミラーを説明するための図である。

## 【図 4】

A～Eは、従来に装置における加工の進行状態を順次示す図である。

## 【図 5】

A～Eは、本発明に係る装置における加工の進行状態を順次示す図である。

【図 6】 従来におけるレーザ穴開け装置の概略構成を示す図である。

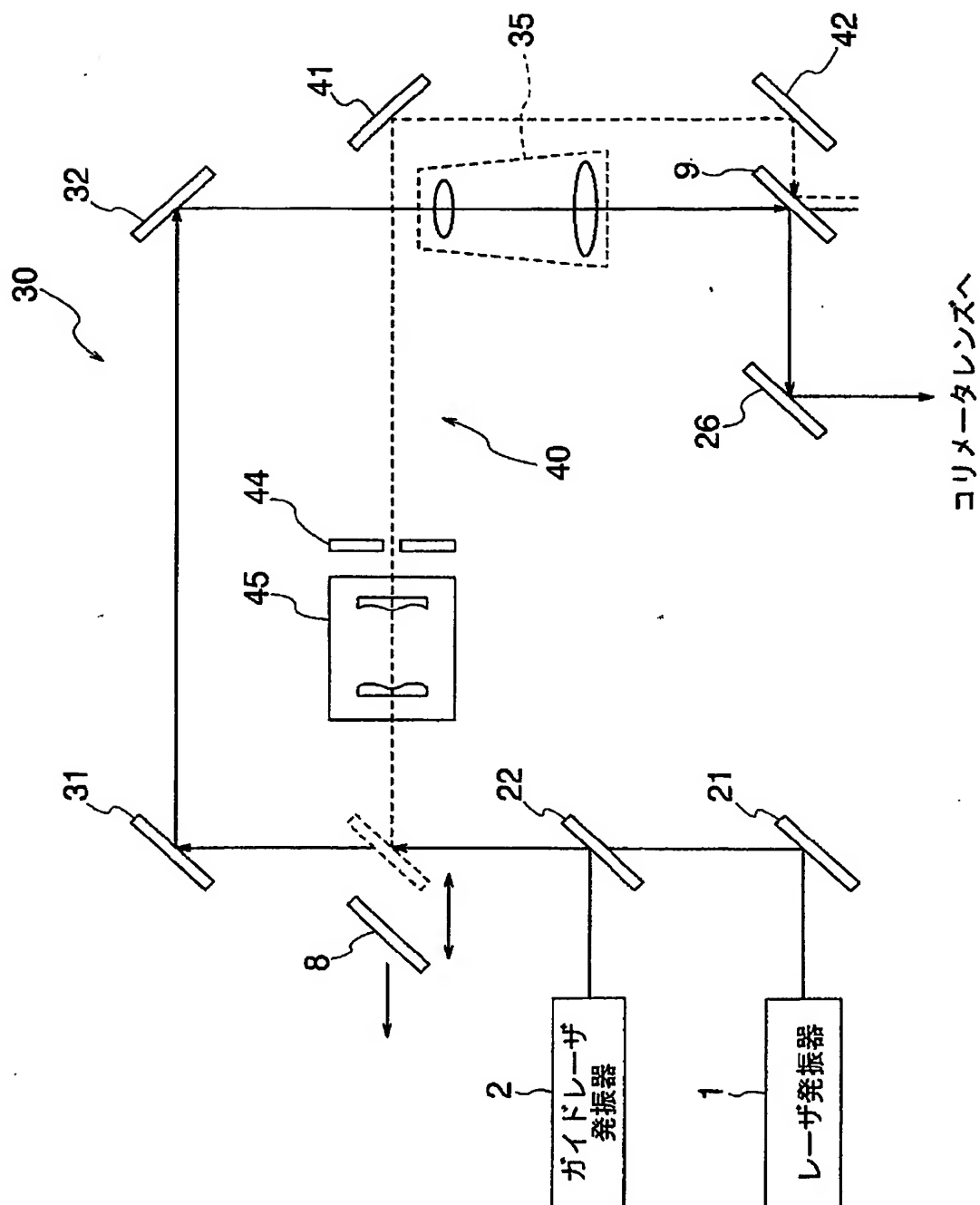
## 【符号の説明】

- 1、101 レーザ発振器
- 2、102 ガイドレーザ発振器
- 8、9 光路切替えミラー
- 21、26、121、123、126 全反射ミラー
- 22、122 ダイクロイックミラー
- 30 第1の光路系
- 31、32 全反射ミラー
- 35 エキスパンダ
- 40 第2の光路系
- 41、42 全反射ミラー
- 44 マスク
- 45 ホモジナイザ
- 60 ベースフィルム
- 61 第一層
- 62 第二層
- 103 被加工物
- 104 XYステージ
- 105 カメラ
- 110 制御系
- 111 主制御部
- 112 ガルバノスキャナ制御部
- 113 画像処理部
- 114 駆動系制御部

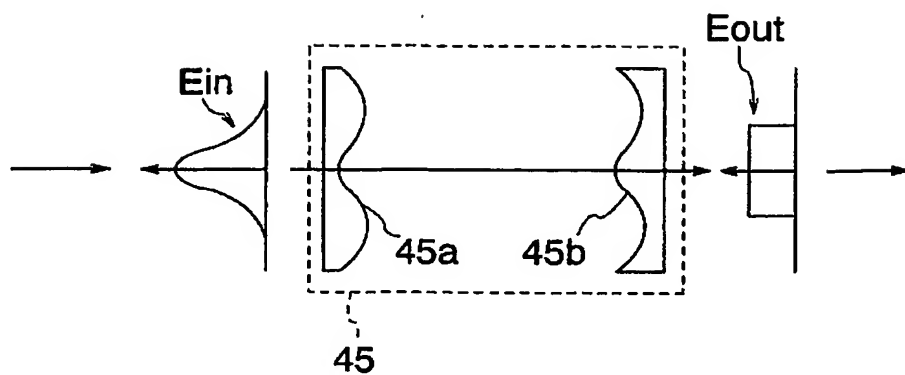
- 1 2 7    コリメータレンズ
- 1 2 8    X Y ガルバノメトリックミラー
- 1 2 9     $f \theta$  レンズ

【書類名】 図面

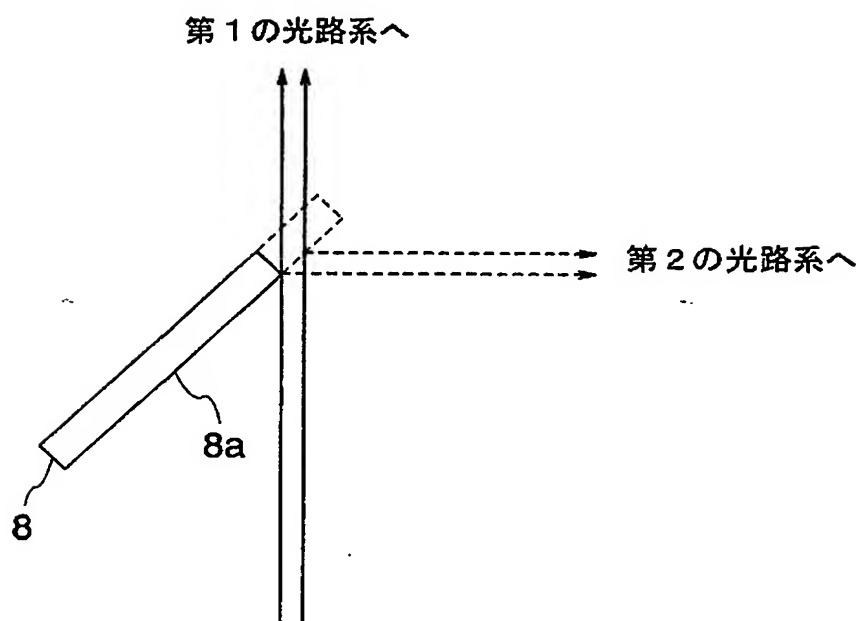
【図 1】



【図 2】

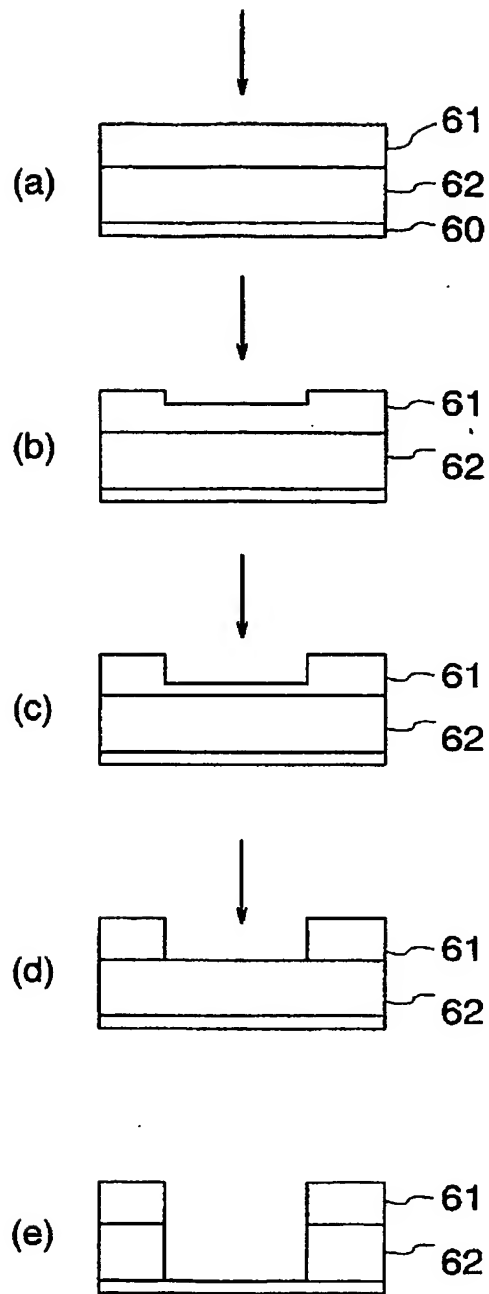


【図 3】

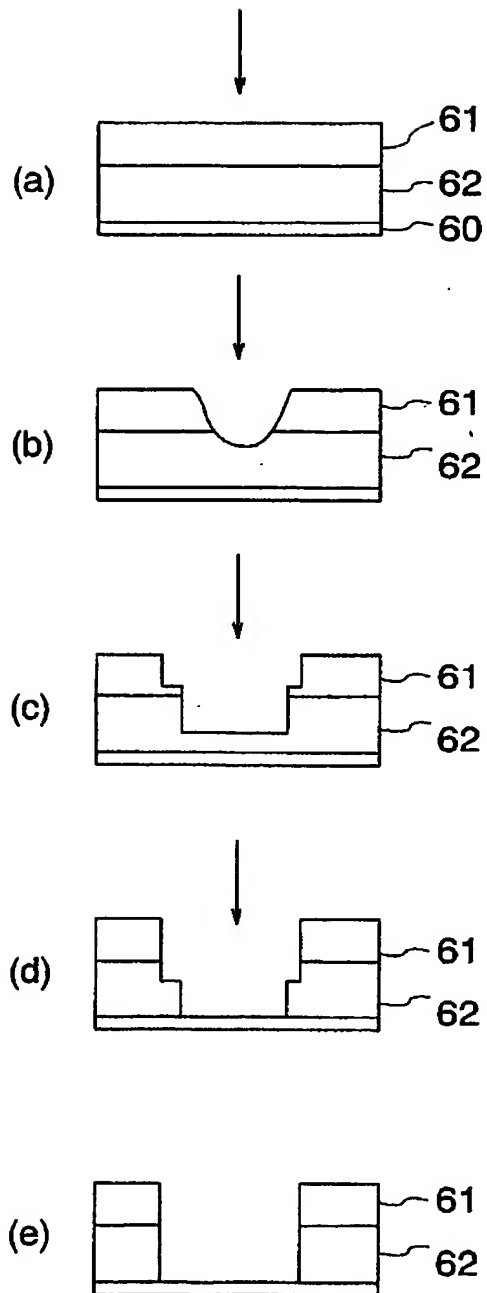




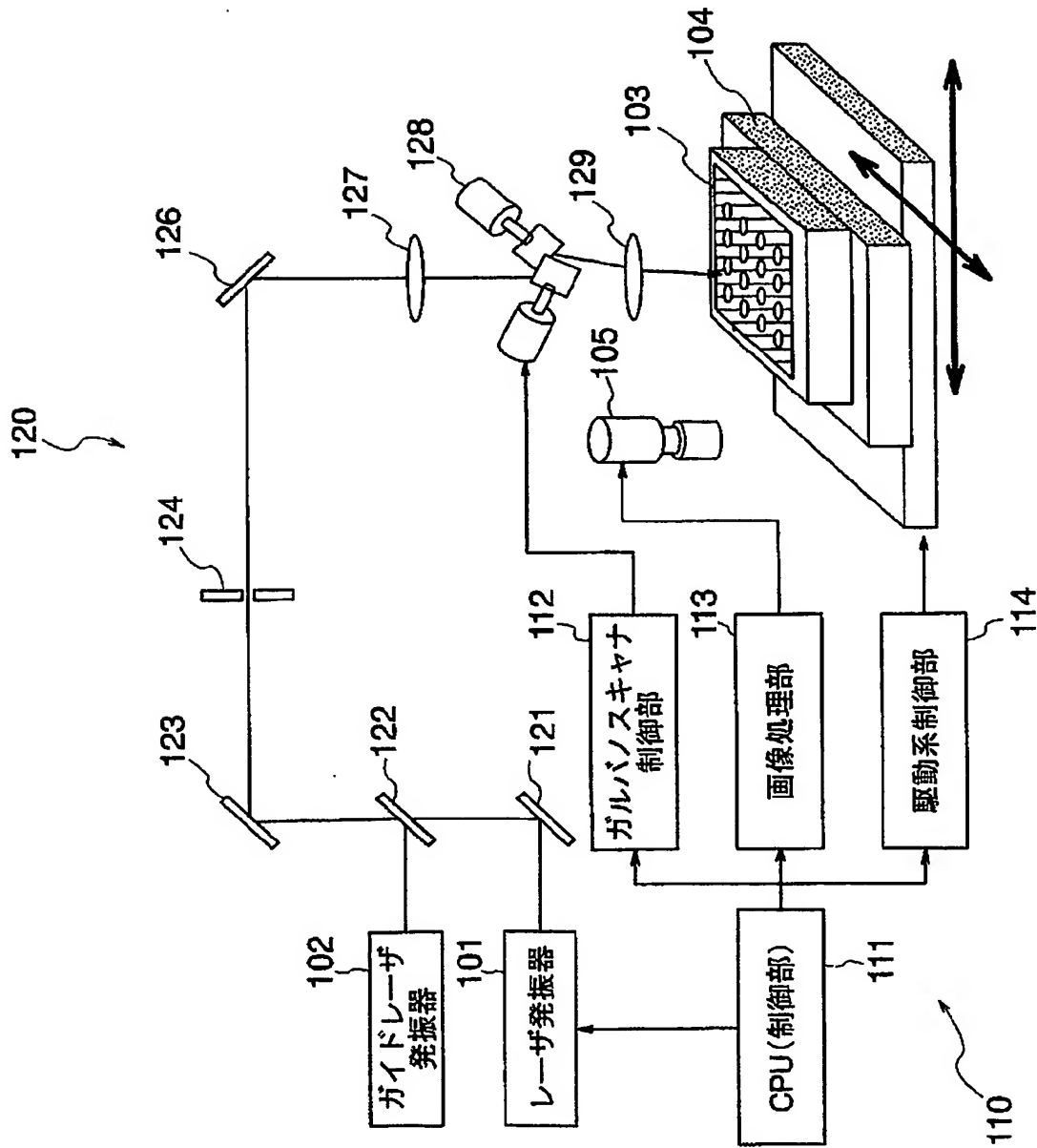
【図 4】



【図 5】.



【図6】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 レーザ光をより効率よく用いてセラミックグリーンシート等に穴開け等の加工を行うレーザ加工装置を提供する。

【解決手段】 レーザ加工装置におけるレーザ発振器と、レーザ光を被加工物上の所定位置に照射させる照射位置制御用光学系との間に複数の光路系を設けることとし、複数の光路系の内に、レーザ発振器より発せられたレーザ光の光軸と垂直な方向の断面形状を変えることなくレーザ光を照射位置制御用光学系に導く光路系と、断面形状を変化させて導く光路系とを配置し、加工状況に応じてこれら光路系を適宜使い分けることとする。

【選択図】 図1

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2 0 0 2 - 2 3 2 6 0 9
受付番号	5 0 2 0 1 1 8 9 6 0 0
書類名	特許願
担当官	第三担当上席 0 0 9 2
作成日	平成 1 4 年 8 月 1 2 日

< 認定情報・付加情報 >

【提出日】	平成14年 8月 9日
-------	-------------

次頁無

特願 2002-232609

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[000003067]

1. 変更年月日

1990年 8月30日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都中央区日本橋1丁目13番1号

氏 名

ティーディーケイ株式会社

2. 変更年月日

2003年 6月27日

[変更理由]

名称変更

住 所

東京都中央区日本橋1丁目13番1号

氏 名

TDK株式会社